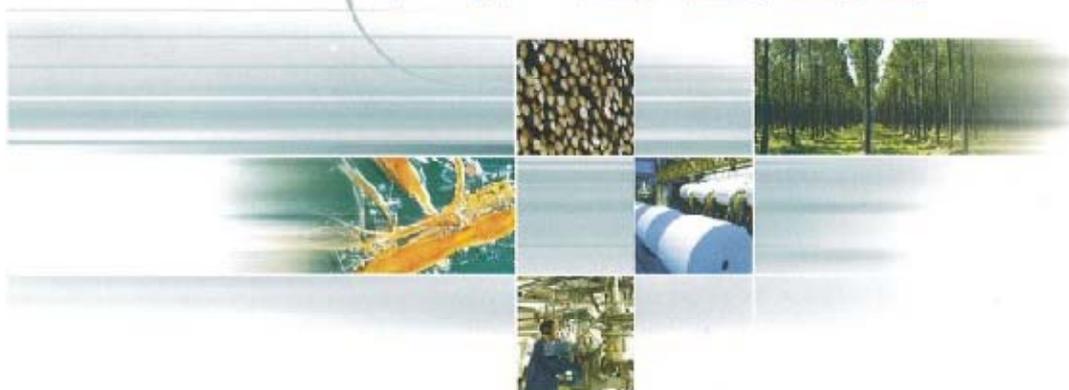


AFOCEL



Evolution de la ressource en pin d'Alep en région Provence Alpes Côtes d'Azur

Tâche 200

Rapport final



Juillet 2005

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	3
2. Analyse de la ressource en pin d'Alep	4
2.1. Analyse en fonction de la propriété.....	4
2.2. Analyse en fonction de la structure.....	5
2.3. Analyse en fonction de la fertilité	7
2.4. Evolution des peuplements entre les deux dernier cycles	10
3. Définitions des domaines d'étude.....	12
3.1. Domaines d'étude	12
4. Estimation de la récolte de pin d'Alep	14
4.1. Récolte calculée par la méthode du bilan en volume.	14
4.2. Récolte estimée à partir de l'Enquête Annuelle de Branche.....	15
5. Caractéristiques des scénarios de sylviculture proposés.....	17
6. Calcul de la disponibilité.....	18
6.1. Evolution de la disponibilité selon le type de coupe.....	18
6.2. Evolution de la disponibilité selon la propriété	18
6.3. Evolution de la disponibilité selon la structure forestière	20
6.4. Evolution de la disponibilité selon la fertilité.....	21
6.5. Evolution de la disponibilité selon la catégorie de diamètre	22
6.6. Evolution de la disponibilité selon la difficulté d'exploitation	24
7. Conclusions - Discussion	26

1. INTRODUCTION

Ce rapport présente :

- La description de la ressource actuelle en pin d'Alep en région PACA à travers la distribution de la surface, du volume de pin d'Alep, de la production de pin d'Alep dans les peuplements où il est prépondérant.
- Les domaines d'étude retenus pour l'étude.
- L'analyse de la récolte de pin d'Alep.
- La description des scénarios de récolte retenus pour l'étude.
- La disponibilité en pin d'Alep calculée jusqu'en 2050.

Les données utilisées sont :

- les inventaires forestiers réalisés par l'Inventaire Forestier National (IFN)
 - Alpes de Haute Provence (04) : 1999
 - Hautes Alpes (05) : 1997
 - Alpes maritimes (06) : 2002
 - Bouches du Rhône (13) : 2003
 - Var (83) : 1999
 - Vaucluse(84) 2001
- Les enquêtes Annuelles de Branche de l'exploitation forestière

2. Analyse de la ressource en pin d'Alep en Provence-Alpes-Côte-d'Azur

2.1. Analyse en fonction de la propriété

Au dernier inventaire, la surface totale de pin d'Alep en région Provence-Alpes-Côte-d'Azur est de 223 000 ha principalement localisés dans le Var (99 000 ha) et les Bouches du Rhône (67 000 ha).

La ressource en pin d'Alep est située à 81 % en forêt privée. C'est dans les Bouches du Rhône que les propriétés publiques sont les plus importantes avec 45 % de la surface de pin d'Alep dans ce département.

Le volume total de pin d'Alep est 12,3 millions de m³ dont 11,7 millions de m³, soit 92 %, sont situés dans des peuplements où il est prépondérant. Cela traduit le fait que le pin d'Alep, lorsqu'il est présent, est le plus souvent majoritaire dans les peuplements. Ceci est lié au caractère pionnier de cette essence.

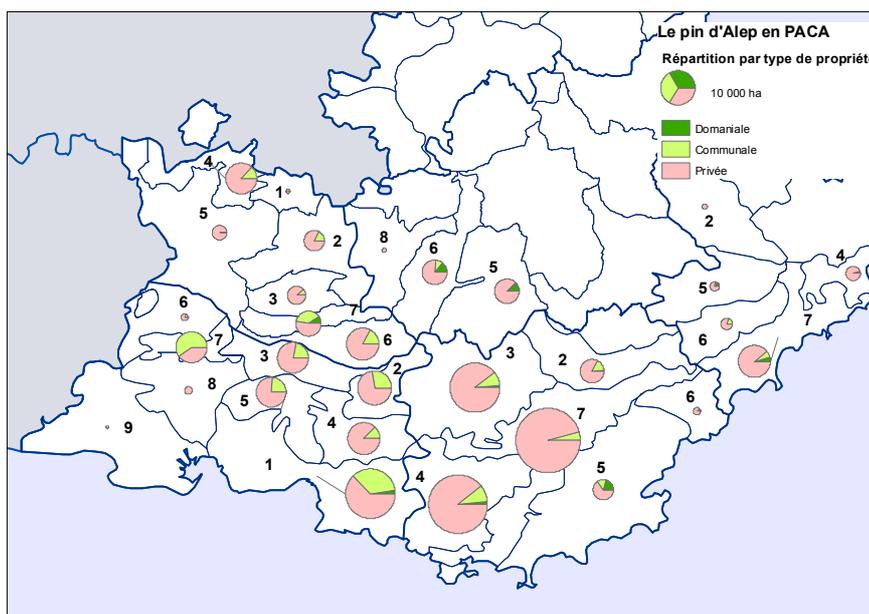
Le volume moyen des peuplements de pin d'Alep est de 53 m³/ha et leur production moyenne est de 2,4 m³/ha/an.

Le tableau 1 donne les principales caractéristiques des peuplements de pin d'Alep en région Provence Alpes Côte d'Azur.

Tableau 1 : Distribution de la surface, du volume toutes essences, du volume et de la production totale de pin d'Alep, du volume et de la production à l'hectare de pin d'Alep par département et par propriété au dernier inventaire, dans les peuplements où le pin d'Alep est prépondérant.

Département	Propriété	Surface (ha)	Volume total toutes ess. (x 1000 m ³)	Volume total Pin d'Alep (x 1000 m ³)	Production totale Pin d'Alep ou prépondérant (x 1000 m ³ / an)	Volume à l'ha Pin d'Alep (m ³ /ha)	Production à l'ha Pin d'Alep (m ³ /ha/an)
04	Domanial	1 305	97	88	3.4	67.3	2.6
	Communal	707	72	65	2.3	91.9	3.2
	Privé	9 107	527	365	17.4	40.1	1.9
	Total	11 119	695	518	23.0	46.6	2.1
06	Domanial	531	51	48	1.4	91.1	2.7
	Communal	980	81	63	2.3	64.1	2.4
	Privé	11 780	1 207	944	34.2	80.2	2.9
	Total	13 291	1 339	1 056	37.9	79.4	2.9
13	Domanial	533	18	17	1.0	32.2	1.8
	Communal	20 439	742	665	35.3	32.5	1.7
	Privé	45 949	2 574	2 262	102.6	49.2	2.2
	Total	66 921	3 334	2 944	138.9	44.0	2.1
83	Domanial	1 905	100	74	3.0	38.7	1.6
	Communal	7 778	475	362	17.9	46.6	2.3
	Privé	89 740	6 773	5 023	241.8	56.0	2.7
	Total	99 423	7 348	5 459	262.6	54.9	2.6
84	Domanial	508	21	18	0.9	35.8	1.7
	Communal	5 884	284	221	8.4	37.6	1.4
	Privé	25 911	1 842	1 508	62.1	58.2	2.4
	Total	32 303	2 147	1 748	71.4	54.1	2.2
Total		223 057	14 863	11 725	533.9	52.6	2.4

Carte 1 : Répartition de la surface où le pin d'Alep est prépondérant par catégorie de propriété.



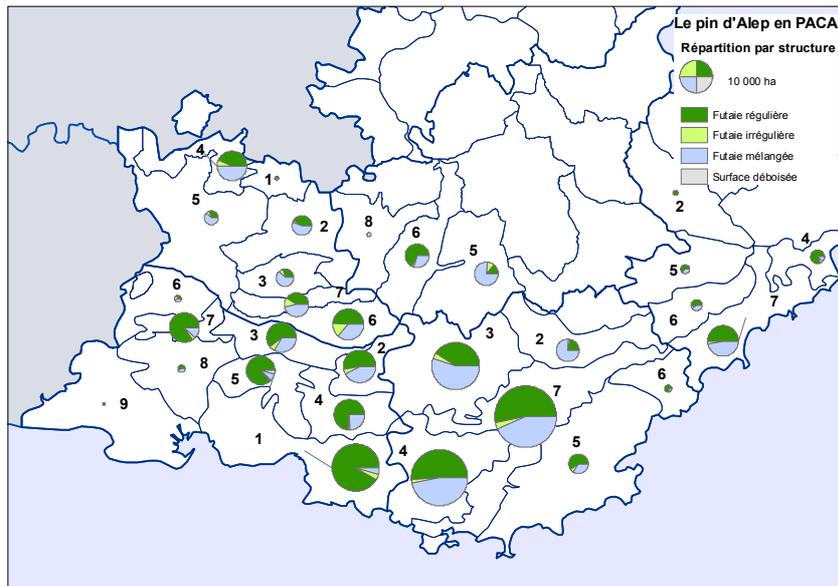
2.2. Analyse en fonction de la structure

Le tableau 2 donne les principales caractéristiques des peuplements de pin d'Alep par structure forestière.

Tableau 2 : Distribution de la surface, du volume total, du volume et de la production totale de pin d'Alep, du volume et de la production à l'hectare de pin d'Alep par département et par structure forestière au dernier inventaire.

Département	Propriété	Surface (ha)	Volume total Pin d'Alep. (x 1000 m ³)	Production totale Pin d'Alep. (x 1000 m ³)	Volume à l'ha Pin d'Alep. (m ³ /ha)	Production à l'ha Pin d'Alep. (m ³ /ha/an)
04	Futaie régulière	4 535	285	13.9	62.7	3.1
	futaie irrégulière	648	43	1.7	66.3	2.6
	Mélanges futaie taillis	5 936	191	7.5	32.1	1.3
	Total	11 119	518	23.0	46.6	2.1
06	Futaie régulière	7 490	747	29.1	99.7	3.9
	futaie irrégulière	498	27	0.8	54.5	1.6
	Mélanges futaie taillis	5 303	282	8.1	53.1	1.5
	Total	13 291	1 056	37.9	79.4	2.9
13	Futaie régulière	51 881	2 529	120.5	48.7	2.3
	futaie irrégulière	2 604	100	5.5	38.6	2.1
	Mélanges futaie taillis	12 436	315	12.9	25.3	1.0
	Total	66 921	2 944	138.9	44.0	2.1
83	Futaie régulière	48 221	3 279	155.7	68.0	3.2
	futaie irrégulière	3 329	158	7.8	47.3	2.4
	Mélanges futaie taillis	47 873	2 022	99.1	42.2	2.1
	Total	99 423	5 459	262.6	54.9	2.6
84	Futaie régulière	13 746	1 095	42.3	79.7	3.1
	futaie irrégulière	3 147	85	3.4	27.0	1.1
	Mélanges futaie taillis	15 410	568	25.7	36.8	1.7
	Total	32 303	1 748	71.4	54.1	2.2
Total		223 057	11 725	533.9	52.6	2.4

Carte 2 : Répartition de la surface où le pin d'Alep est prépondérant par structure forestière.



Sur l'ensemble de la région, les futaies régulières constituent la structure la plus abondante avec 54 % des peuplements, suivies par les mélanges avec 38 % des peuplements. Les futaies irrégulières ne constituent que 5 % des peuplements.

Les mélanges futaies-taillis occupent partout de l'ordre de 50 % de la surface, sauf dans les Bouches du Rhône où les futaies régulières et irrégulières sont très largement majoritaires.

Le volume à l'hectare des futaies régulières est supérieur de 70 à 100 % à celui des mélanges. Cela est dû à la présence des taillis dans les mélanges qui fait baisser le volume de pin d'Alep.

2.3. Analyse en fonction de la fertilité

Les tableau 3 donne les principales caractéristiques des peuplements selon la classe de fertilité.

Les classes de fertilité utilisées sont définies par la hauteur atteinte à 50 ans :

- classe 1 : hauteur dominante à 50 ans : 16 m
- classe 2 : hauteur dominante à 50 ans : 12 m
- classe 3 : hauteur dominante à 50 an : 8 m

Tableau 3 : Distribution de la surface, du volume total, du volume et de la production totale de pin d'Alep, du volume et de la production à l'hectare de pin d'Alep par département et par classe de fertilité au dernier inventaire.

Département	Propriété	Surface (ha)	Volume total toutes ess. (x 1000 m ³)	Volume total Pin d'Alep. (x 1000 m ³)	Production totale Pin d'Alep. (x 1000 m ³)	Volume à l'ha Pin d'Alep. (m ³ /ha)	Production à l'ha Pin d'Alep. (m ³ /ha/an)
04	Fertilité 1	2 570	158	124	6.7	48.3	2.6
	Fertilité 2	3 135	286	253	10.8	80.7	3.4
	Fertilité 3	2 966	178	141	5.5	47.6	1.9
	Indéterminé	2 448	74	0	0.0	0.0	0.0
	Total	11 119	695	518	23.0	46.6	2.1
06	Fertilité 1	3 564	504	378	13.6	106.1	3.8
	Fertilité 2	4 456	550	457	17.7	102.7	4.0
	Fertilité 3	3 946	248	220	6.6	55.8	1.7
	Indéterminé	1 325	37	0	0.0	0.0	0.0
	Total	13 291	1 339	1 056	37.9	79.4	2.9
13	Fertilité 1	14 231	932	818	41.6	57.5	2.9
	Fertilité 2	27 559	1 702	1 531	72.4	55.6	2.6
	Fertilité 3	15 187	619	563	23.5	37.1	1.5
	Indéterminé	9 944	81	32	1.4	3.2	0.1
	Total	66 921	3 334	2 944	138.9	44.0	2.1
83	Fertilité 1	30 264	2 823	2 153	112.6	71.1	3.7
	Fertilité 2	38 307	3 284	2 487	111.7	64.9	2.9
	Fertilité 3	18 178	990	804	37.4	44.2	2.1
	Indéterminé	12 674	251	15	0.9	1.1	0.1
	Total	99 423	7 348	5 459	262.6	54.9	2.6
84	Fertilité 1	4 335	453	342	16.4	79.0	3.8
	Fertilité 2	8 281	693	598	24.3	72.2	2.9
	Fertilité 3	11 020	686	590	22.3	53.5	2.0
	Indéterminé	3 768	53	0	0.3	0.1	0.1
	Total	27 404	1 885	1 531	63.2	55.9	2.3
PACA	Fertilité 1	54 964	4 869	3 815	190.9	69.4	3.5
	Fertilité 2	81 738	6 515	5 327	236.9	65.2	2.9
	Fertilité 3	51 297	2 722	2 318	95.3	45.2	1.9
	Indéterminé	30 159	496	47	2.6	1.6	0.1
	Total	218 158	14 601	11 508	525.7	52.7	2.4

La classe 1 correspond à la fertilité la meilleure, la classe 3 à la fertilité la plus mauvaise.

La classe « indéterminé » correspond aux placettes IFN sans couple hauteur / âge (peuplements très jeunes en général). La surface de ces placettes est de 30 000 ha soit 14 % de la surface totale des peuplements de pin d'Alep.

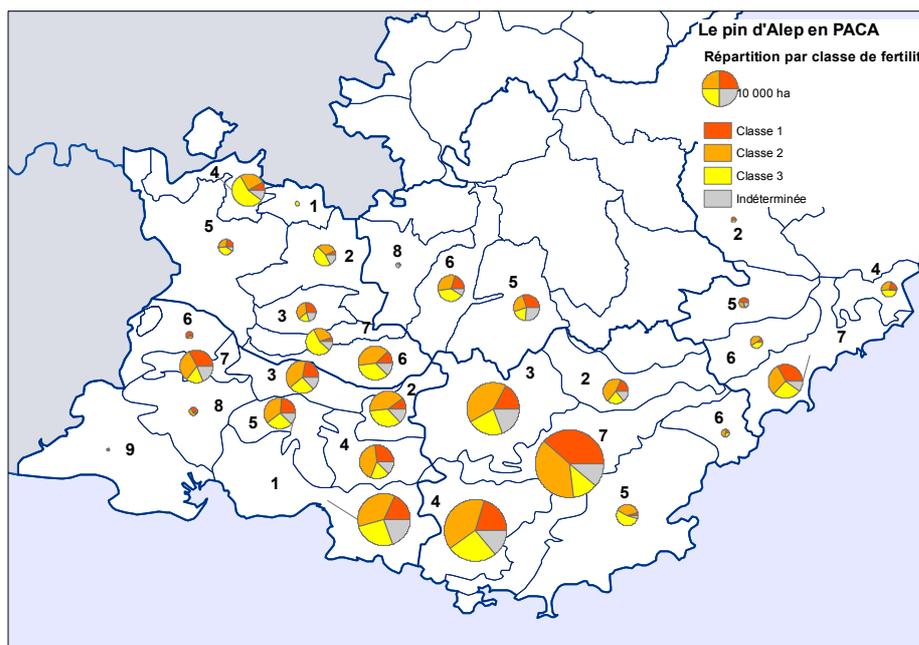
Dans l'étude de disponibilité, les placettes de futaie régulières d'âge faible (moins de 20-40 ans) se verront attribuer une classe de fertilité aléatoire mais respectant la répartition globale des surfaces des trois classes de fertilité.

La classe 2 de fertilité est la plus représentée avec 36 % de l'ensemble des peuplements, les 2 autres classes représentent chacune 25 % de la surface de pin d'Alep.

Une région forestière départementale, la dépression varoise, apparaît cependant nettement plus fertile que la moyenne avec 40 % de sa surface en classe 1.

A l'inverse, le Vaucluse (à l'exception du Luberon et des coteaux de Basse Durance) apparaît plutôt moins fertile que la moyenne avec 50 % de la surface en Classe 3.

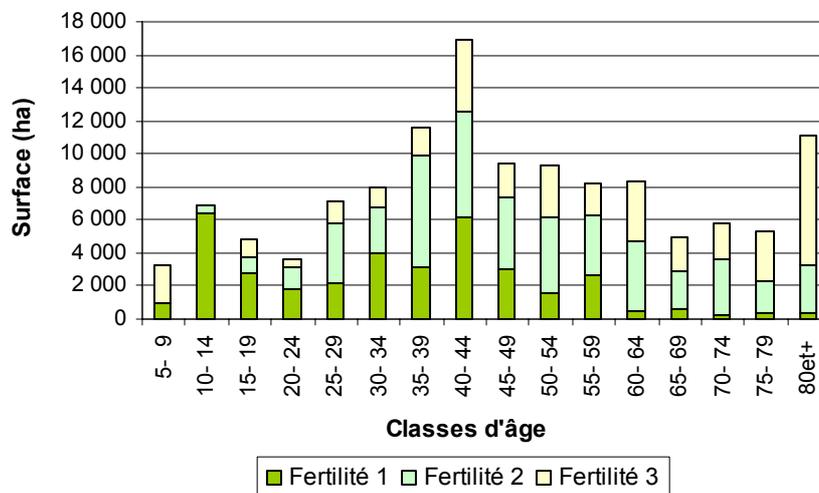
Carte 3 : Répartition de la surface à pin d'Alep prépondérante par classe de fertilité



2.4. Distribution des classes d'âge et classe de fertilité

La distribution de la surface par classes d'âge est donnée dans la figure 1.

Figure 1 : Distribution de la surface par classe d'âge en fonction des classes de fertilité



En première approche, la distribution de la surface en fonction de l'âge apparaît relativement équilibrée avec néanmoins un pic de surface dans la classe 35 – 45 ans.

La distribution de la surface par classe d'âge des 3 classes de fertilité révèle une distribution beaucoup plus déséquilibrée :

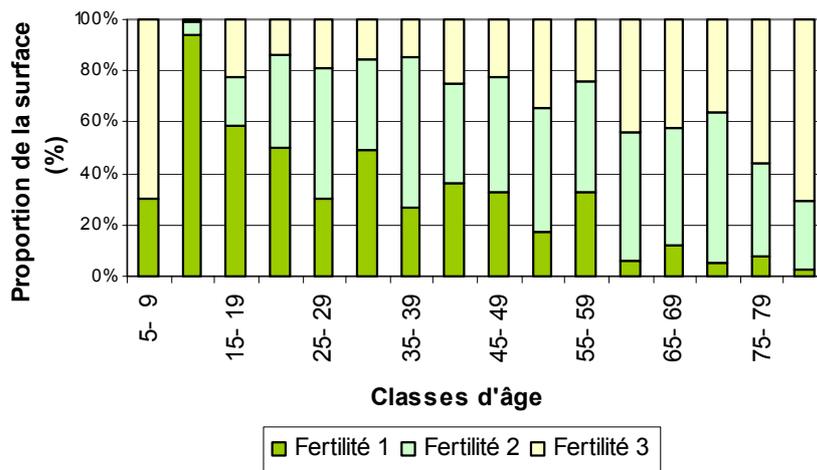
La fertilité 1 n'apparaît abondante que jusqu'à 60 ans et très abondante de 10 à 34 ans.

La fertilité 2 est surtout abondante à partir de 25 ans

La fertilité 3 est bien représentée à partir de 40 ans

La figure 2 illustre cette évolution de la répartition de la fertilité dans les classes d'âge

Figure 2 : Evolution de la répartition de la surface par classe de fertilité en fonction de l'âge.



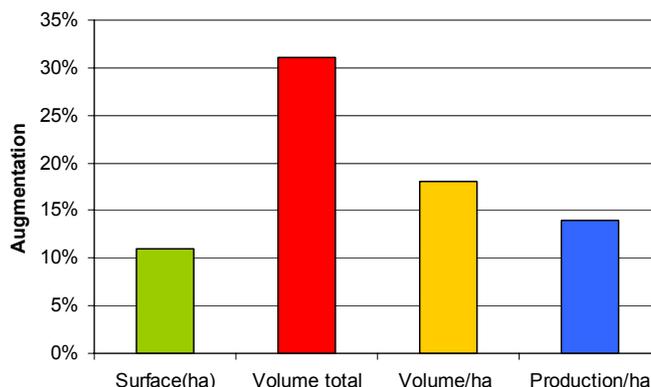
2.5. Evolution des peuplements entre les deux derniers cycles

Le tableau 4 donne les principales caractéristiques des peuplements de pin d'Alep aux deux derniers inventaires.

Tableau 4 : Surfaces, volumes sur pied et production aux deux derniers inventaires par structure forestière et par propriété

Structure forestière	Département	Cycle d'inventaire	Surface (ha)	Volume total toutes ess. (x 1000 m ³)	Volume total Pin d'Alep. (x 1000 m ³)	Production totale Pin d'Alep. (x 1000 m ³)	Volume à l'ha Pin d'Alep. (m ³ /ha)	Production à l'ha Pin d'Alep. (m ³ /ha/an)
F. Reg	Public	Dernier cycle	26 148	1 141	1 063	52.1	40.7	2.0
		Avant dernier cycle	18 309	924	857	35.9	46.8	2.0
	Privé	Dernier cycle	99 725	7 632	6 872	309.4	68.9	3.1
		Avant dernier cycle	92 946	5 446	4 991	239.7	53.7	2.6
Somme F. Reg		Dernier cycle	125 873	8 773	7 935	361.5	63.0	2.9
		Avant dernier cycle	111 255	6 370	5 848	275.6	52.6	2.5
		Variation entre les deux cycles	13%	38%	36%	31%	20%	16%
F. Irreg.	Public	Dernier cycle	1 627	89	77	3.6	47.4	2.2
		Avant dernier cycle	1 433	64	61	2.8	42.9	1.9
	Privé	Dernier cycle	8 599	399	336	15.6	39.1	1.8
		Avant dernier cycle	6 748	288	270	13.1	40.0	1.9
Somme F. Irreg.		Dernier cycle	10 226	488	413	19.2	40.4	1.9
		Avant dernier cycle	8 181	352	331	15.9	40.5	1.9
		Variation entre les deux cycles	25%	39%	25%	21%	0%	-3%
Mélanges FT	Public	Dernier cycle	12 795	710	481	20.1	37.6	1.6
		Avant dernier cycle	10 584	534	369	14.8	34.8	1.4
	Privé	Dernier cycle	74 163	4 893	2 896	133.1	39.0	1.8
		Avant dernier cycle	70 180	3 759	2 404	112.7	34.3	1.6
Somme Mélanges FT		Dernier cycle	86 958	5 603	3 377	153.2	38.8	1.8
		Avant dernier cycle	80 764	4 293	2 772	127.5	34.3	1.6
		Variation entre les deux cycles	8%	31%	22%	20%	13%	12%
Total		Dernier cycle	223 057	14 863	11 725	533.9	52.6	2.4
		Avant dernier cycle	200 200	11 015	8 951	418.9	44.7	2.1
		Variation entre les deux cycles	11%	35%	31%	27%	18%	14%

Figure 2bis : Evolutions globales du pin d'Alep entre les 2 derniers inventaires



Globalement la surface de pin d'Alep progresse de 11 % en 15 ans environ. Les futaies régulières ont cependant une surface qui augmente plus que la moyenne (13 %), alors que la surface des mélanges augmente moins que la moyenne (8 %).

La surface des futaies irrégulières augmente de 25 % mais son importance dans l'ensemble reste faible.

Le volume sur pied augmente de 8 m³/ha en moyenne soit 18 %.

Cette augmentation est variable selon les structures :

- 20 % en futaie régulière ;
- 13 % dans les mélanges futaie taillis ;
- stabilité dans les futaies irrégulières.

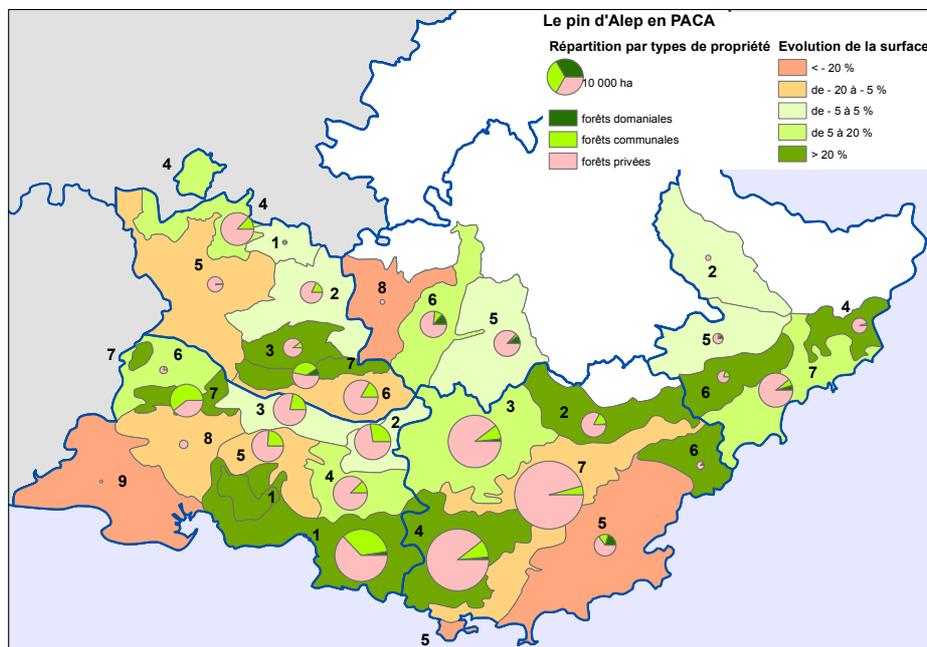
La production à l'hectare augmente elle aussi dans de fortes proportion :

- 14 % en moyenne dans l'ensemble des peuplements ;
- 16 % dans les futaies régulières ;
- 12 % dans les mélanges futaies taillis.

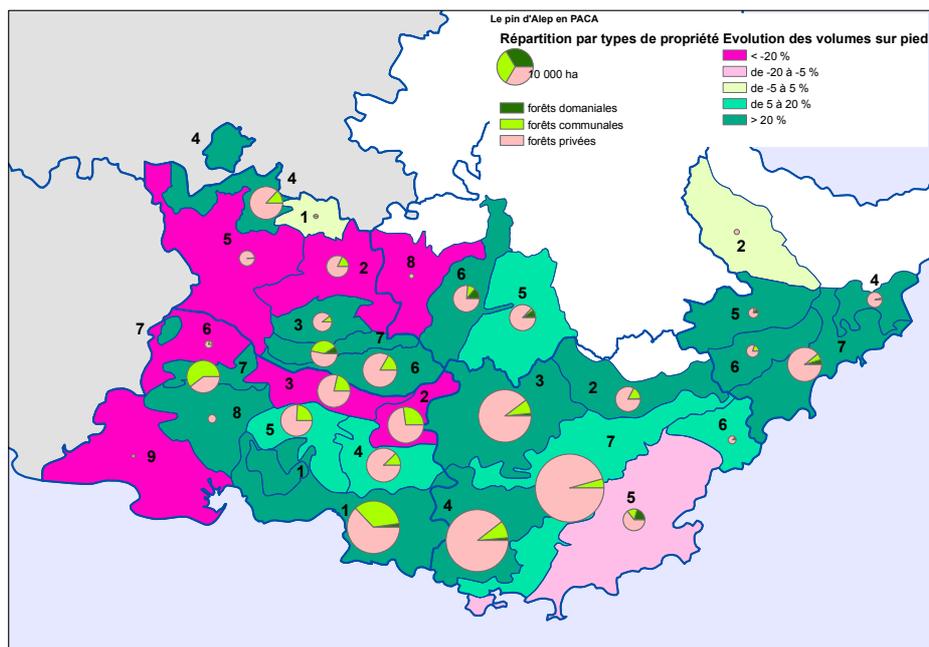
Cette augmentation générale des volumes sur pied traduit certainement une sous exploitation des peuplements de pin d'Alep : 8 m³/ha de production capitalisée en moyenne sur l'ensemble des peuplements en 15 ans correspond environ en ¼ de la production du pin d'Alep, ce qui signifierait que le taux de prélèvement de la production est de l'ordre de 75 % (y compris incendie et mortalité naturelle).

L'augmentation de la surface (et du volume qui en résulte) n'est pas uniformément répartie, comme le montrent les cartes 4 et 5 qui donnent la variation de surface et du volume entre les deux derniers cycles.

Carte 4 : Evolution de la surface de pin d'Alep entre les deux derniers inventaires et surface par propriété au dernier inventaire



Carte 5 : Evolution du volume total de pin d'Alep entre les deux derniers inventaires et volume par propriété au dernier inventaire



Globalement, c'est toute la partie centrale de la région PACA dont la surface et le volume de pin d'Alep augmentent. Plus précisément :

- les chaînons calcaires méridionaux des Bouches du Rhône et du Var, le bassin d'Apt et le Lubéron, les Alpilles, les plans et piémont de haute Provence connaissent une augmentation de la surface supérieure à 20 % ;
- le bassin d'Arc, les plateaux de Provence, les coteaux de Basse Durance connaissent également une augmentation mais plus modérée ;
- les Maures et le Comtat voit leur surface nettement diminuer, mais elle y était déjà faible.

La dépression varoise voit en revanche sa surface décroître alors qu'elle était forte, sans doute à cause de la pression immobilière. Le volume sur pied continue pourtant d'augmenter dans cette région.

3. Définitions des domaines d'étude

3.1. Domaines d'étude

Les domaines d'étude ont été définis en se basant sur trois critères :

- La propriété : la sylviculture n'est certainement pas la même selon que le gestionnaire est public ou privé.
- La structure forestière : la gestion des mélanges n'est pas celle des structures régulières par la programmation des interventions, le volume prélevé, l'âge de la coupe finale.
- La fertilité : elle influe sur les volumes prélevés par intervention.

Le tableau 5 donne les caractéristiques moyennes des douze domaines retenus.

Tableau 5 : Caractéristiques moyennes des domaines d'étude proposés.

Domaine	Classe de fertilité	Surface (ha)	Volume total Pin d'Alep. (x 1000 m ³)	Production totale Pin d'Alep. (x 1000 m ³)	Volume à l'ha Pin d'Alep. (m ³ /ha)	Production à l'ha Pin d'Alep. (m ³ /ha/an)
Futaie Reg. Et irrégulière Privée	1	32 162	2 340	114	72.8	3.5
	2	43 987	3 349	149	76.1	3.4
	3	32 175	1 518	62	47.2	1.9
Total futaies reg. et irrégulières privées		108 324	7 208	325	66.5	3.0
Futaie Reg Et irrégulière Publique	1	6 004	214	13	35.6	2.1
	2	10 652	539	27	50.6	2.6
	3	11 119	387	16	34.8	1.4
Total futaies reg. et irrégulières publiques		27 775	1 140	56	41.1	2.0
Mel Fut.-Taillis Privée	1	21 689	1 177	61	54.3	2.8
	2	25 250	1 233	53	48.8	2.1
	3	27 224	486	19	17.8	0.7
Total Mel Fut.-Taillis privées		74 163	2 896	133	39.0	1.8
Mel Fut.-Taillis Publique	1	1 811	97	4	53.5	2.4
	2	6 177	290	12	47.0	1.9
	3	4 807	94	4	19.6	0.9
Total Mel Fut.-Taillis publiques		12 795	481	20	37.6	1.6
Total		223 057	11 725	534	52.6	2.4

Les placettes de fertilité indéterminées ont été apportées à une classe de façon aléatoire, mais en respectant la proportion observée des différentes classes de fertilité.

4. Estimation de la récolte de pin d'Alep

4.1. Récolte calculée par la méthode du bilan en volume.

On peut estimer la récolte totale entre deux inventaires successifs par la méthode du bilan en volume.

La récolte totale inter-inventaire est égale à la différence du volume sur pied à chaque inventaire additionné de la production biologique inter-inventaire :

$$\text{Récolte}_{\text{inter inventaire}} = V_{1\text{er inventaire}} + \text{Accroissement}_{\text{inventaire}} - V_{2\text{ème inventaire}} - \text{Mortalité}_{\text{inter inventaire}}$$

Le tableau 6 donne la récolte inter-inventaire et la production inter-inventaire, ainsi que l'erreur relative à craindre sur la récolte. Il donne également le taux de prélèvement de la production.

Tableau 6 : Estimation de la récolte inter-inventaire calculée par la méthode du bilan en volume, comparée à la production inter-inventaire, le taux de prélèvement de la production biologique .

Département	Propriété	Production inter-inventaire (x 1000 m ³ /an)	Récolte inter-inventaire (x 1000 m ³ /an)	taux de prélèvement (%)
Alpes de Hautes Provence	Domanial	3.8	2.8	74%
	Communal	2.4	1.4	55%
	Privé	18.3	9.5	52%
	Total	24.6	13.7	56%
Alpes maritimes	Domanial	1.7	0.9	53%
	Communal	2.3	2.2	98%
	Privé	33.2	2.5	7%
	Total	37.1	5.6	15%
Bouches du Rhône	Domanial	0.9	0.8	89%
	Communal	33.9	20.9	62%
	Privé	110.8	78.2	71%
	Total	145.6	99.9	69%
Var	Domanial	3.9	5.9	150%
	Communal	17.9	10.3	58%
	Privé	243.4	125.6	52%
	Total	265.1	141.8	53%
Vaucluse	Domanial	0.7	-0.3	-46%
	Communal	8.9	3.9	43%
	Privé	66.0	33.2	50%
	Total	75.6	36.7	49%
Total région	Domanial	11.0	10.1	92%
	Communal	65.4	38.6	59%
	Privé	471.6	248.9	53%
	Total	548.0	297.7	54%

La récolte calculée par cette méthode donne un résultat élevé : 298 000 m³/an pendant la quinzaine d'année de la période inter-inventaire (1987-2001).

En toute rigueur, ce calcul n'est valable qu'à surface constante, ce qui n'est pas le cas ici : la surface des peuplements de pin d'Alep augmente de 11 % entre les deux inventaires avec pour conséquence une surestimation de la récolte.

Si on fait le même calcul pour la période inter-inventaire précédente (1976 à 1987), la récolte calculée est de 112 000 m³/an, ce qui est beaucoup plus faible, et semble sous estimé par rapport au calcul réalisé sur la dernière période inter-inventaire. Une explication plausible pourrait être que le volume et la production au 2ème inventaire ont été sur-estimés. Une telle surestimation est possible car le volume et les accroissements ont été calculés à partir de tarifs de cubage, réalisés sur les arbres du deuxième inventaire mais intégrant l'accroissement en hauteur. Une telle surestimation a été constatée sur d'autres départements.

Le calcul sur la période 1977 – 2001 donne une récolte annuelle moyenne de 204 000 m³/an. La récolte moyenne donnée par l'EAB est de 83 000 m³/an sur cette période.

Par ailleurs, une estimation du volume perdu par incendie réalisée par l'IFN donne des chiffres importants. Cette estimation n'a malheureusement pas été réalisée pour tous les départements comme les bouches du Rhône. Le tableau 7 donne cette estimation par département pour les deux périodes inter-inventaire.

Tableau 7 : Estimation du volume de pin d'Alep perdu annuellement par incendie pendant les périodes inter-inventaire (milliers de m³/an)

Département	1976 - 1986	1986 - 2001
04		
06	0.0	4.4
13	18.1	
83	4.0	17.9
84	1.2	2.4
Région	23.3	24.8

L'absence d'estimation pour les Bouches du Rhône est gênante car c'est un département très touché par les incendies. Le volume détruit est donc certainement plus élevé.

Au final, la 'récolte' théorique pourrait être de 160 à 180 000 m³/an, ce qui reste élevé par rapport aux 110 000 m³/an estimés à partir de l'Enquête Annuelle de Branche.

Il est enfin possible qu'une exploitation non commerciale résultant du mitage des peuplements de pin d'Alep par l'urbanisation entraîne un prélèvement non négligeable qui serait alors de l'ordre de 50 000 m³ /an, soit l'équivalent de 500 ha de forêt adulte.

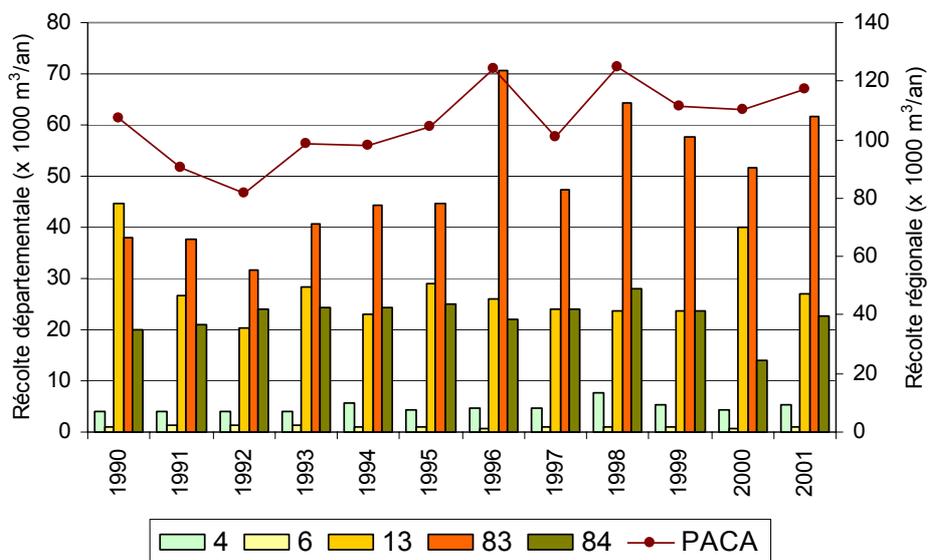
Quoiqu'il en soit le taux de récolte de la production biologique est de :

- 54 % sur la période inter-inventaire 1987 - 2001, dont 37 % sont commercialisés
- 43 % sur la période 1976 – 2001 dont 41 % sont commercialisés.

4.2. Récolte estimée à partir de l'Enquête Annuelle de Branche

L'Enquête Annuelle de Branche (EAB) ne distingue pas le pin d'Alep. Aussi c'est le volume de bois d'œuvre et de bois de trituration "Autres Résineux", qui est réparti entre les différents résineux (pin noir, pin d'Alep, mélèze, pin à crochet) qui ne sont pas individualisés par l'EAB au prorata du volume donné par l'inventaire. C'est le résultat de ce calcul qui est donné dans la figure 3.

Figure 3 : Evolution de l'estimation de la récolte commercialisée en pin d'Alep estimée à partir de l'EAB



Globalement, la récolte de pin d'Alep est restée relativement stable ou en très légère progression sur la période 1990-2001, entre 100 et 120 000 m³.

Les départements des Bouches du Rhône et du Vaucluse ont eu une récolte très stable tout au long de la période.

Le Var connaît une récolte beaucoup plus variable mais en progression sur la période de 35 000 m³/an à 60 000 m³/an.

5. Caractéristiques des scénarios de sylviculture proposés

Ces scénarios sont caractérisés :

- par les volumes prélevés en éclaircie, l'âge et la périodicité des prélèvements réalisés ;
- par l'âge de la coupe finale.

Ces scénarios ont été définis avec le comité de pilotage du projet (auquel participent notamment l'ONF et le CRPF).

Tableau 8 : Description des scénarios de récolte utilisés pour le calcul de la disponibilité

	Fertilité 1		Fertilité 2		Fertilité 3	
	Public	Privé	Public	Privé	Public	Privé
Futaies Régulières et irrégulières	Eclaircies : 70 m ³ à 45 ans 80 m ³ à 60 ans Coupe rase : 80 ans	Eclaircies : 70 m ³ en 1 éclaircie entre 45 et 60 ans Coupe rase : 80 ans	Eclaircies : 50 m ³ à 55 ans 50 m ³ à 70 ans Coupe rase : 100 ans	Eclaircies : 70 m ³ en 1 éclaircie entre 55 et 70 ans Coupe rase : 80 ans	Pas de prélèvement	
Mélange Futaie - TaillisT	Eclaircie : 50 % du volume à 50 ans Coupe rase : 100 ans				Pas de prélèvement	

En outre dans la disponibilité calculée, on considère comme non marchands les arbres dont la diamètre à 1,3 m est inférieur à 9 cm.

6. Calcul de la disponibilité

Le simulateur utilisé est un simulateur par classe d'âge y compris pour les mélanges futaie-taillis, car même dans ces peuplements les arbres ont une classe d'âge dominante.

Le fonctionnement du simulateur est décrit en annexe.

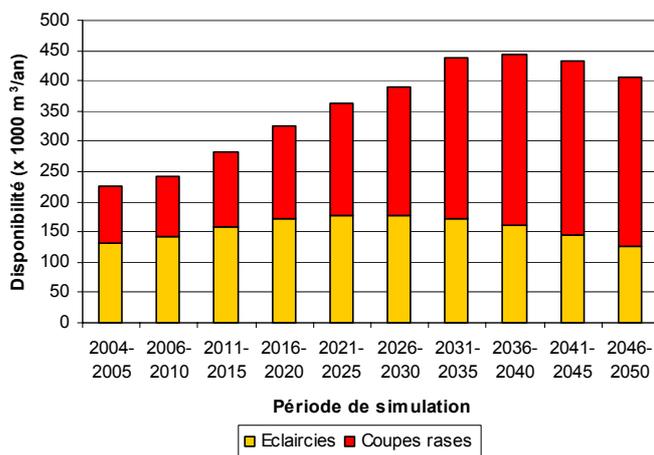
6.1. Evolution de la disponibilité selon le type de coupe

Le tableau 9 et la figure 4 donnent l'évolution de la disponibilité selon le type de coupe.

Tableau 9 : Evolution de la disponibilité selon le type de coupe (m³/an)

	2004- 2005	2006- 2010	2011- 2015	2016- 2020	2021- 2025	2026- 2030	2031- 2035	2036- 2040	2041- 2045	2046- 2050
Eclaircies	131 097	143 432	159 935	171 859	177 502	178 181	172 052	161 085	143 841	127 641
Coupes rases	94 719	99 396	122 029	153 510	184 677	211 542	265 754	281 620	288 541	277 186
Total	225 816	242 828	281 965	325 368	362 179	389 722	437 806	442 705	432 382	404 827

Figure 4 : Evolution de la disponibilité selon le type de coupe



La disponibilité en éclaircie restera à peu près stable tout au long de la période de simulation. En revanche, la disponibilité des coupes rases augmentera fortement pour passer de 94 000 à 280 000 m³/an en 2050.

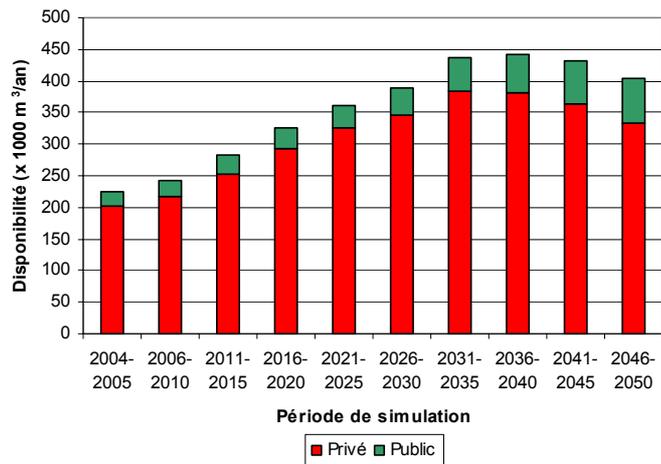
6.2. Evolution de la disponibilité selon la propriété

Le tableau 10 et la figure 5 donnent l'évolution de la disponibilité selon la propriété.

Tableau 10 : Evolution de la disponibilité selon la propriété (m³/an)

	2004- 2005	2006- 2010	2011- 2015	2016- 2020	2021- 2025	2026- 2030	2031- 2035	2036- 2040	2041- 2045	2046- 2050
Privé	202 112	216 940	252 704	292 559	325 776	345 177	385 025	381 009	364 168	334 515
Public	23 704	25 888	29 261	32 809	36 403	44 546	52 781	61 696	68 214	70 313
Total	225 816	242 828	281 965	325 368	362 179	389 722	437 806	442 705	432 382	404 827

Figure 5 : Evolution de la disponibilité selon la propriété



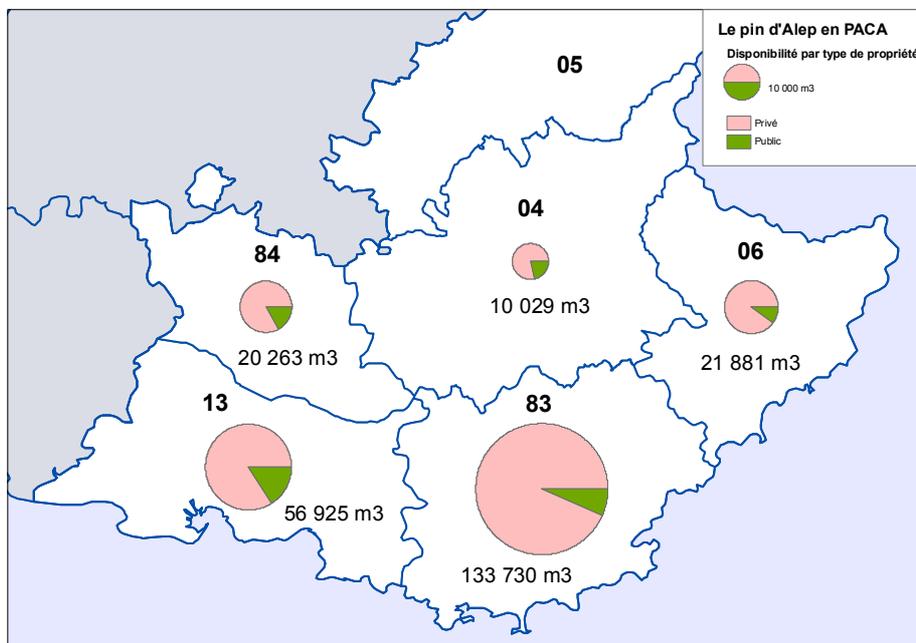
La disponibilité, avec les hypothèses de récolte définies précédemment, est actuellement de 225 000 m³/ha sur l'ensemble de la région dont 90 % en propriété privée.

La disponibilité va augmenter fortement en cours des 30 prochaines années pour atteindre un maximum vers 2030.

Cette augmentation à venir est due à la jeunesse des peuplements récents installés à cause de la déprise agricole.

La proportion de la récolte en forêt publique augmentera et atteindra 21 % en 2050.

Carte 6 : Répartition départementale de la disponibilité selon la propriété pour la période 2006-2010



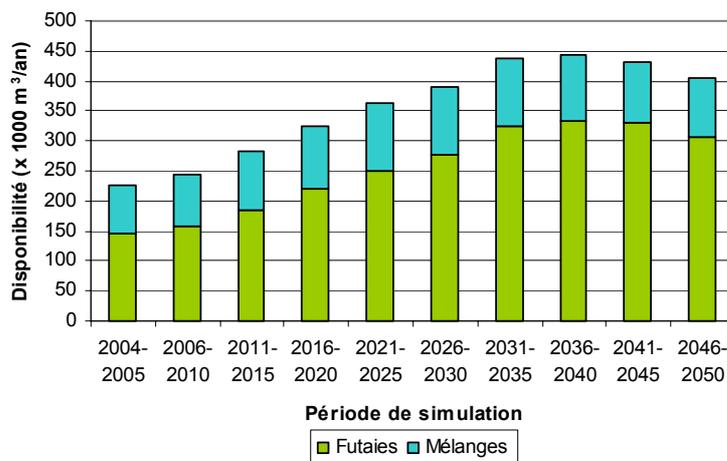
6.3. Evolution de la disponibilité selon la structure forestière

Le tableau 11 et la figure 6 donnent l'évolution de la disponibilité selon la structure forestière.

Tableau 11 : Evolution de la disponibilité selon la structure forestière (m³/an)

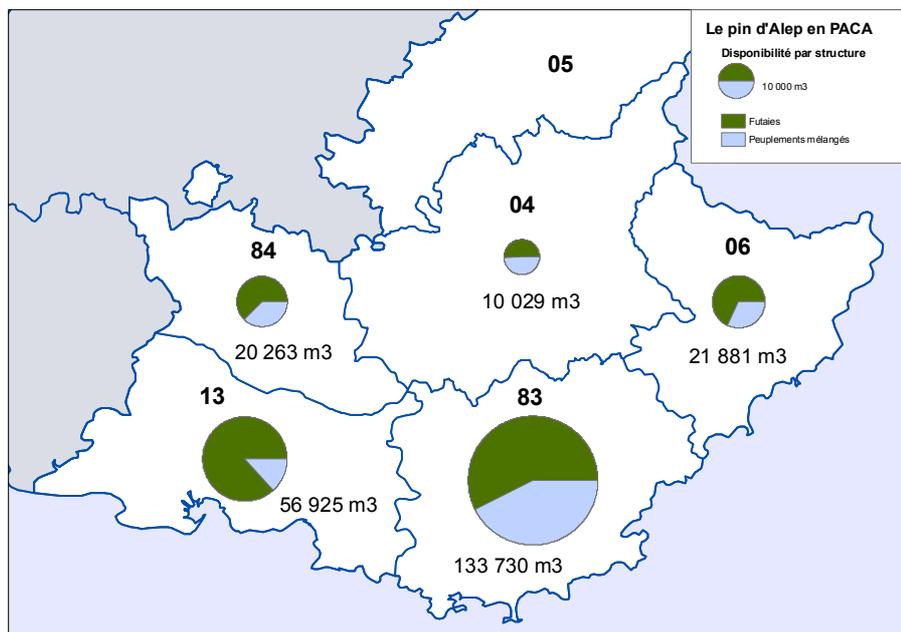
	2004- 2005	2006- 2010	2011- 2015	2016- 2020	2021- 2025	2026- 2030	2031- 2035	2036- 2040	2041- 2045	2046- 2050
Futaies	147 275	158 604	185 750	220 101	250 423	277 979	323 608	331 904	328 983	306 763
Mélanges	78 541	84 224	96 215	105 267	111 756	111 743	114 198	110 800	103 399	98 065
Total	225 816	242 828	281 965	325 368	362 179	389 722	437 806	442 705	432 382	404 827

Figure 6 : Evolution de la disponibilité selon la structure forestière



La disponibilité dans les futaies constitue 65 % de la disponibilité totale. Cette proportion augmentera encore pour atteindre 75 % en 2050. Ce sont en effet les futaies qui constituent l'essentiel des jeunes peuplements : la disponibilité dans les futaies doublera d'ici à 2050 alors que celle des mélanges ne progressera que de 25 %.

Carte 7 : Répartition départementale de la disponibilité selon la structure forestière pour la période 2006-2010.



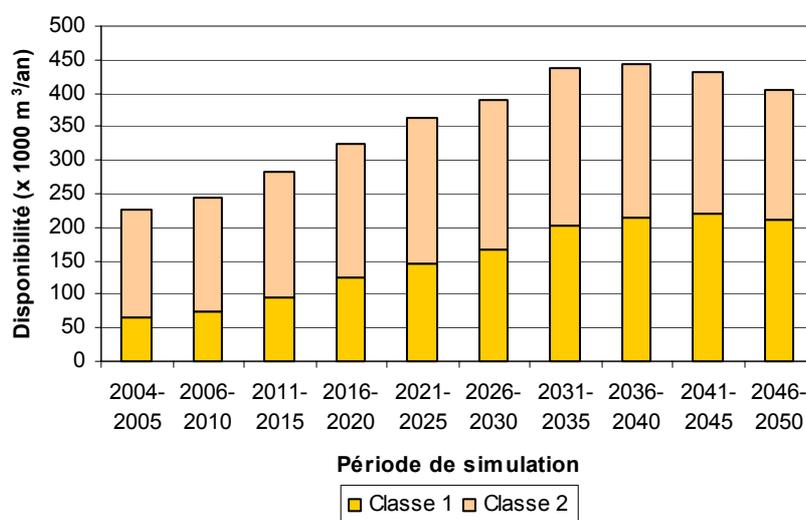
6.4. Evolution de la disponibilité selon la fertilité

Le tableau 12 et la figure 7 donnent l'évolution de la disponibilité selon la classe de fertilité.

Tableau 12 : Evolution de la disponibilité selon la classe de fertilité (m³/an)

	2004- 2005	2006- 2010	2011- 2015	2016- 2020	2021- 2025	2026- 2030	2031- 2035	2036- 2040	2041- 2045	2046- 2050
Classe 1	64 252	73 995	95 105	124 168	145 613	167 118	201 460	215 678	219 059	210 688
Classe 2	161 565	168 833	186 859	201 200	216 567	222 604	236 345	227 026	213 323	194 139
Total	225 816	242 828	281 965	325 368	362 179	389 722	437 806	442 705	432 382	404 827

Figure 7 : Evolution de la disponibilité selon la classe de fertilité

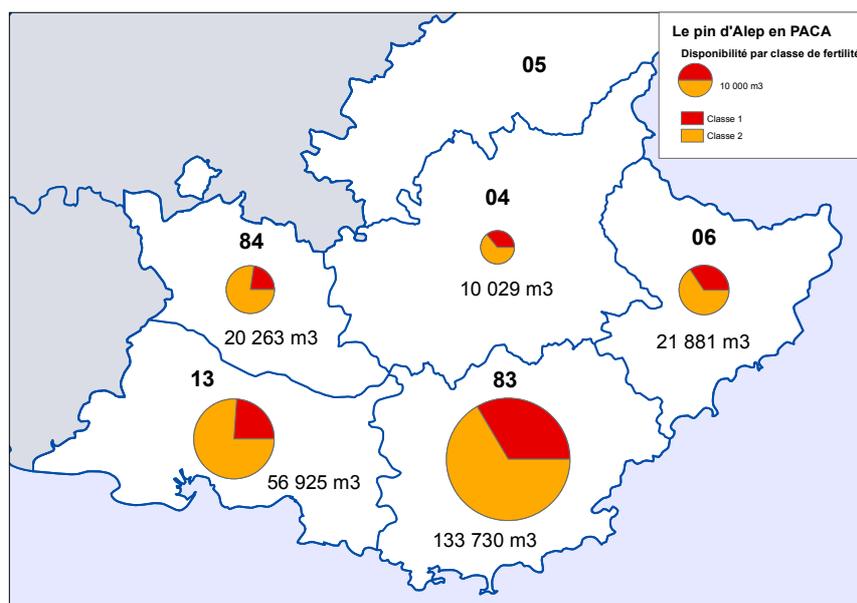


Actuellement, la classe 1 de fertilité ne constitue que 28 % de la disponibilité totale.

La disponibilité dans cette classe de fertilité sera multipliée par 3,3 d'ici à 2050 alors que la disponibilité dans la classe 2 ne progressera que de 46 % d'ici à 2030 et diminuera par la suite.

Les peuplements qui se sont installés récemment sur les terres abandonnées par l'agriculture sont situés sur des terroirs de meilleure fertilité. Leur importance dans la disponibilité va augmenter dans les prochaines décennies.

Carte 8 : Répartition de la disponibilité départementale selon la classe de fertilité pour la période 2006-2010



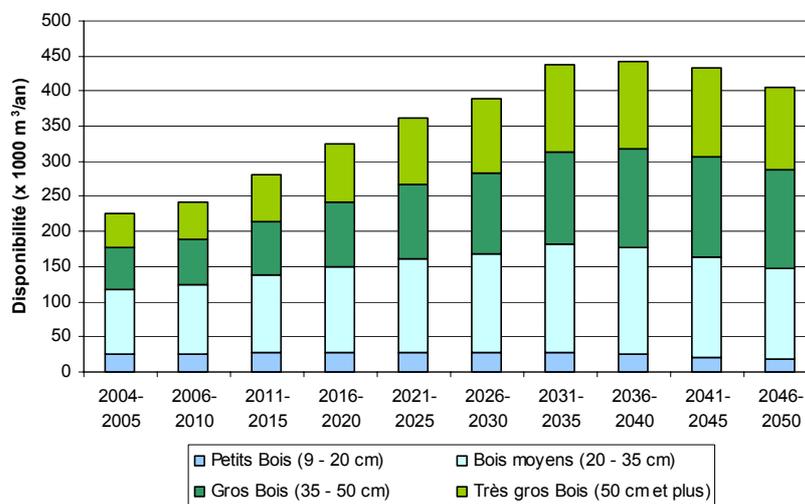
6.5. Evolution de la disponibilité selon la catégorie de diamètre

Le tableau 13 et la figure 8 donnent l'évolution de la disponibilité selon la catégorie de diamètre.

Tableau 13 : Evolution de la disponibilité selon la catégorie de diamètre des arbres

	2004-2005	2006-2010	2011-2015	2016-2020	2021-2025	2026-2030	2031-2035	2036-2040	2041-2045	2046-2050
Petits Bois (9 -20 cm)	24 995	25 960	26 956	28 036	27 942	27 779	28 381	25 654	21 615	19 048
Bois moyens (20 -35 cm)	92 523	97 815	110 491	121 948	132 962	139 548	154 357	151 535	142 370	127 785
Gros Bois (35 50 cm)	59 330	65 930	77 606	92 554	107 355	117 145	131 028	141 825	143 522	140 941
Très gros Bois (50 cm et plus)	48 969	53 122	66 910	82 830	93 921	105 250	124 040	123 690	124 876	117 053
Total	225 816	242 828	281 965	325 368	362 179	389 722	437 806	442 705	432 382	404 827

Figure 8 : Evolution de la disponibilité selon la catégorie de diamètre des arbres

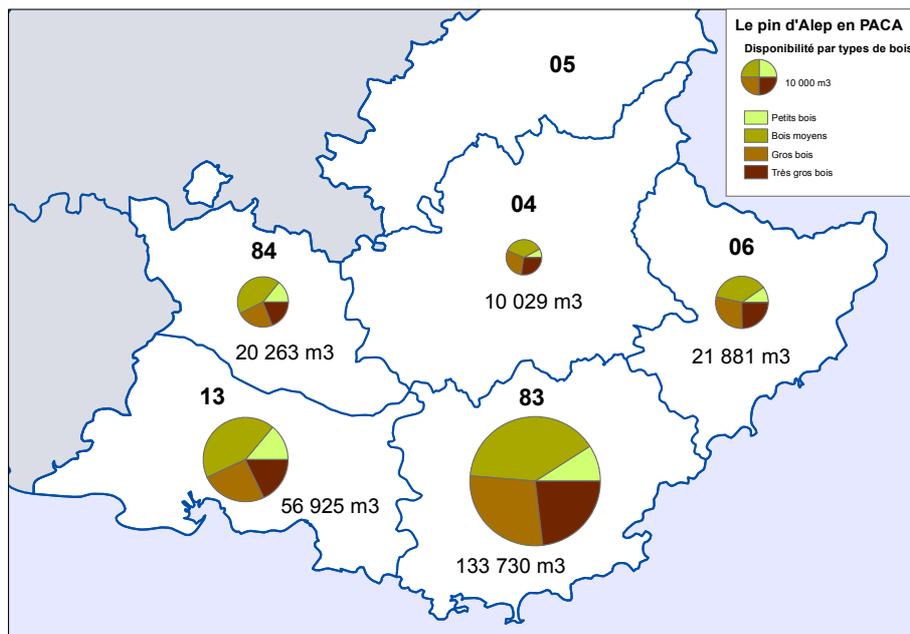


Le volume de petits bois et de bois moyens (jusqu'à 35 cm) variera peu d'ici à 2050.

En revanche, les gros bois (35 à 50 cm) et les très gros bois (50 cm et plus) verront leur disponibilité multipliée par 2,4.

Encore une fois, cette évolution est liée à la distribution des classes d'âge : les jeunes peuplements actuels où on ne récolte que des petits bois ou des bois moyens en éclaircie, vont progressivement arriver au stade de la coupe rase et produire des arbres de gros diamètre.

Carte 9 : Répartition de la disponibilité départementale selon la catégorie de diamètre des arbres pour la période 2006-2010



6.6. Evolution de la disponibilité selon la difficulté d'exploitation

La difficulté d'exploitation est notée par l'IFN selon 5 critères :

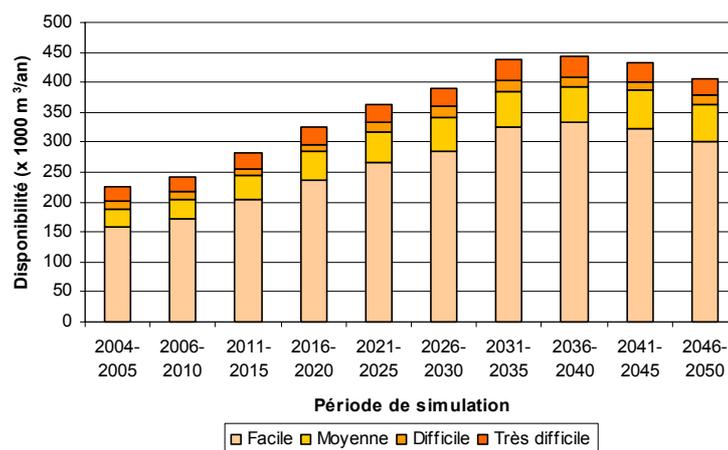
- La pente
- La distance de débardage
- La présence d'obstacle (rochers)
- La portance du terrain
- La nécessité de créer des routes et des pistes

Le tableau 14 et la figure 9 donnent l'évolution de la disponibilité selon les difficultés d'exploitation.

Tableau 14 : Evolution de la disponibilité selon la difficulté d'exploitation

	2004-2005	2006-2010	2011-2015	2016-2020	2021-2025	2026-2030	2031-2035	2036-2040	2041-2045	2046-2050
Facile	159	172	204	236	265	285	324	332	323	302
Moyenne	31	33	40	49	53	56	61	60	63	61
Difficile	11	12	11	11	14	17	16	16	15	15
Très difficile	25	26	27	29	30	31	36	35	31	27

Figure 9 : Evolution de la disponibilité selon les difficulté d'exploitation

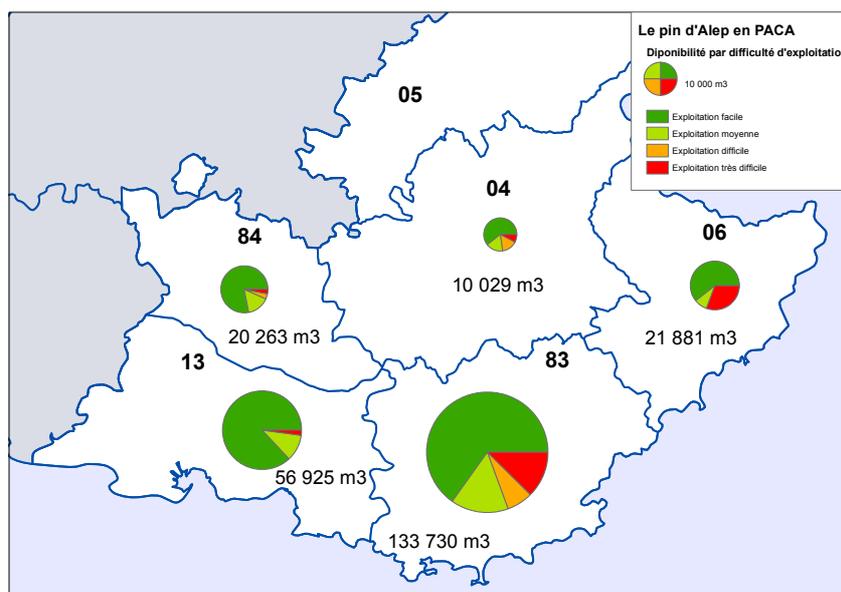


Les conditions d'exploitation sont actuellement plutôt faciles pour le pin d'Alep puisque 85 % de la disponibilité est située sur des parcelles d'exploitabilité facile à moyenne.

Cette proportion augmentera encore pour atteindre 90 % en 2050.

Cette répartition selon la difficulté d'exploitation ne peut cependant pas tenir compte des difficultés liées à l'urbanisation croissante sur toute l'aire de répartition du pin d'Alep.

Carte 10 : Répartition de la disponibilité départementale selon la difficulté d'exploitation pour la période 2006-2010.



6.7. Difficulté de mobilisation liée à la structure foncière et à l'urbanisation

L'enquête sur la structure de la propriété privée a permis de donner les caractéristiques de la forêt privée pour chaque région administrative.

En région PACA, la répartition de la surface forestière privée par ensembles d'un seul tenant est donnée dans le tableau 15.

Tableau 15 : Répartition de la surface forestière par ensemble d'un seul tenant

		<1 ha	1 à 4 ha	4 à 10 ha	10 à 25 ha	25 à 100 ha	100 ha et plus	Total
Provence Alpes Côte d'Azur	Surface	74	131	101	105	123	74	609
	%	12	22	17	17	20	12	100

Les ensembles de moins de 1 ha représentent 74 000 ha soit près de 12 % de la surface et probablement de la disponibilité. Ces ensembles (éventuellement constitués de plusieurs parcelles forestières) sont en pratique quasiment exclus de toute exploitation forestière.

Les ensembles de 1 à 4 ha représentent 131 000 ha soit 22 % de la surface forestière. Cette classe de surface est sans doute également difficilement mobilisable.

Au total c'est sans doute 30 % de la surface forestière qui est difficilement accessible à l'exploitation commerciale de bois.

Par ailleurs, l'urbanisation par sa pression sur les zones forestières gêne la mobilisation et l'accès aux massifs forestiers.

Il en résulte que la disponibilité commercialisable est bien au-dessous du potentiel calculé, actuellement moins de la moitié de ce qui serait disponible.

7. Conclusions - Discussion

Le massif de pin d'Alep couvre 220 000 hectares en région Provence Alpes Côte d'Azur pour 12 millions de m³ sur pied et une production de 547 000 m³ par an.

Ce massif est à 80 % privé. Il est constitué de 60 % de futaies et de 40 % de mélanges futaie-taillis.

La surface a augmenté de 11 % depuis le dernier inventaire et le volume sur pied de 31 %.

La récolte totale calculée par le bilan en volume est de 350 000 m³/an alors que l'EAB ne semble recenser que 120 000 m³/ha de commercialisation annuelle. Le bilan en volume est cependant faussé par l'augmentation de la surface de pin d'Alep entre les deux inventaires et intègre les volumes détruits par les incendies.

La disponibilité totale est actuellement de 225 000 m³/an et sera doublée en 2035 (450 000 m³/an) pour revenir à 400 000 m³/an en 2050

Cette augmentation est due à la distribution des classes d'âge actuelle où les jeunes peuplements de 20 à 50 ans constituent une part importante de la surface.

Cette augmentation de la disponibilité s'accompagnera :

- de l'augmentation de la part des coupes rases dans la récolte ;
- d'une augmentation de la part des futaies dans la récolte ;
- de l'augmentation de la part de la disponibilité dans la classe 1 de fertilité ;
- de l'augmentation des gros bois et très gros bois dans la disponibilité et de la stabilité des petits bois et bois moyens.

Cependant la disponibilité calculée n'est pas totalement commercialisable à cause de :

- la structure foncière (les petites propriétés représentent près de 30 % de la surface forestière),
- la pression de l'urbanisation qui gêne l'exploitation et l'accès aux massifs forestiers.

Actuellement la récolte commercialisée est de l'ordre de 50 % de la disponibilité calculée. On peut penser que cette proportion n'augmentera pas. Mais son maintien à ce niveau se traduirait par un volume commercialisé de 200 000 m³ dans 30 ans soit une augmentation de 66% par rapport aux 120 000 m³ récoltés actuellement selon l'EAB..

Annexe

Principes des simulateurs par classe d'âge.

Ces simulateurs reposent sur une répartition de la ressource forestière par classes d'âge. Ils ne s'appliquent en conséquence qu'aux seuls peuplements équités (et par extension aux peuplements réguliers).

Ils opèrent au niveau d'un domaine d'étude, c'est-à-dire d'un ensemble de peuplements qui doit être le plus homogène possible. La gestion sylvicole est en effet décrite par un scénario moyen appliqué de manière indifférenciée à l'ensemble.

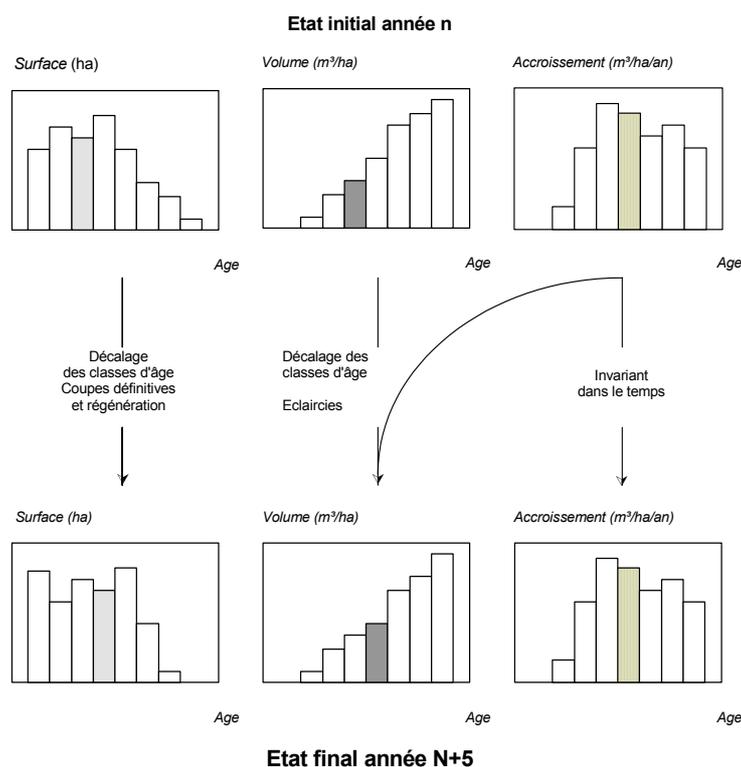
La simulation est effectuée par itérations successives, dont la durée est égale à la largeur des classes d'âge.

L'état initial des peuplements est décrit par 3 données principales pour chacune des classes d'âge :

- la surface des peuplements,
- leur volume unitaire moyen (par ha),
- leur production courante moyenne (par ha et par an).

Le principe de fonctionnement d'une itération est représenté par le graphique ci-dessous.

Principe des simulateurs par classe d'âge



Le calcul de l'itération simule l'évolution des peuplements sous l'effet conjugué de la production biologique végétale et des interventions sylvicoles. Il permet d'évaluer l'état final des peuplements (qui servira d'état initial à l'itération suivante) et les prélèvements de bois pendant l'itération.

Les principes sont les suivants :

a) Evolution des surfaces

- Les peuplements d'une classe d'âge, n'ayant pas subi une coupe finale de régénération pendant l'itération sont transférés dans la classe d'âge suivante (surface). Ceci est la conséquence directe d'une part de l'égalité de la durée de l'itération et de la largeur des classes d'âge, d'autre part du caractère équiennne des peuplements concernés.
- Les peuplements ayant subi une coupe finale de régénération sont quant à eux supposés immédiatement régénérés et leur surface est transférée en fin d'itération dans la première classe d'âge.

b) Evolution des volumes

Le volume unitaire final moyen des peuplements d'une classe d'âge est évalué à partir du volume initial, augmenté de la production courante des peuplements et diminué des prélèvements en éclaircies pendant la durée de l'itération.

c) Evolution des productions courantes

Les productions unitaires par classe d'âge sont supposées invariantes au cours du temps. L'hypothèse sous-jacente, parfois désignée sous l'appellation de 'rotation espace-temps', est l'assimilation des peuplements décrits par l'inventaire dans les différentes classes d'âge aux stades successifs de développement d'un peuplement théorique moyen. Malgré les nombreux facteurs susceptibles d'influer sur la production courante des arbres (conditions météorologiques et environnementales, gestion forestière...) cette hypothèse apparaît raisonnable, compte tenu de l'état des connaissances en ce domaine.

La **gestion sylvicole** est décrite par 2 séries de paramètres qui permettent d'évaluer les prélèvements :

- les éclaircies sont définies par classe d'âge au moyen d'un taux de prélèvement relatif à la production courante de la classe,
- les coupes de régénération sont définies par classe d'âge au moyen d'un taux de prélèvement relatif à la surface de la classe.

La pertinence de la simulation effectuée dépendra du choix de ce scénario sylvicole. Deux approches sont possibles :

- simulation d'un scénario établi de manière 'externe', à partir de tables de production, de guide de sylviculture, de connaissances d'expert...,
- détermination de scénarios sylvicoles par comparaison d'inventaires (reconstitution de l'évolution des peuplements entre deux inventaires successifs).

Les principales équations peuvent être résumées ainsi :

- * notations
- A : classe d'âge des peuplements
 - d : durée de l'itération
 - S(A,t) : surface de la classe d'âge A à la date t
 - V(A,t) : volume sur pied (par ha) de la classe d'âge A à la date t
 - P(A,t) : production courante (par ha et par an) de la classe d'âge A à la date t
 - te(A,t) : taux d'éclaircie dans la classe d'âge A à la date t
 - tr(A,t) : taux de coupe rase dans la classe d'âge A à la date t

* surface actualisée à t + d :

$$S(A+d, t+d) = S(A,t)(1-tr(A,t))$$

$$S('O-d', t+d) = \sum S(A,t) tr(A,t)$$

* volume unitaire actualisé de la classe A + d à t+d :

$$V(A+d, t+d) = V(A,t) + d.p(A+d) (1-te(A,t))$$

* disponibilités en éclaircie entre t et t+d :

$$\Sigma S(A,t) (1-tr(A,t)) te(A,t) P(A,d)$$

* disponibilités en coupe définitive entre t et t+d :

$$\Sigma S(A,t) tr(A,t) (V(A,t) + (d/2).P(A,d))$$